

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

Offenlegungsschrift

⑯ DE 101 00 054 A 1

⑯ Int. Cl. 7:
F 02 B 25/00
F 02 B 31/08
F 01 L 5/00
F 02 B 33/00
F 02 B 69/06

⑯ Aktenzeichen: 101 00 054.5
⑯ Anmeldetag: 2. 1. 2001
⑯ Offenlegungstag: 4. 7. 2002

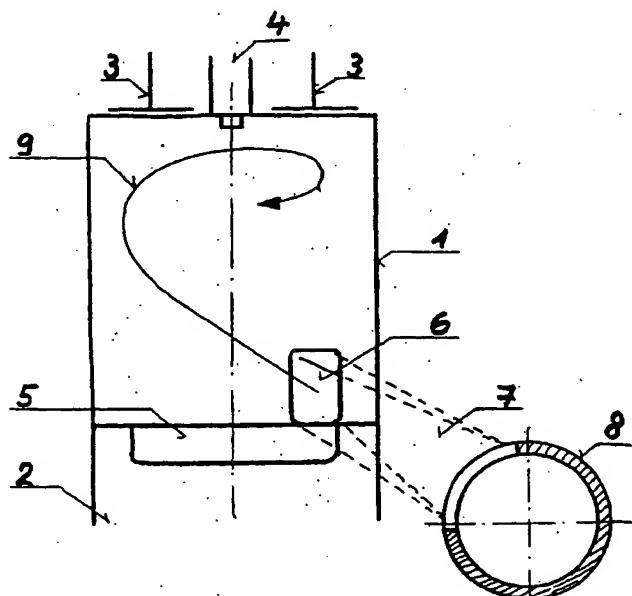
⑯ Anmelder:
Bartsch, Christian, 64807 Dieburg, DE

⑯ Erfinder:
Erfinder wird später genannt werden

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑯ Viertakt-Verbrennungskraftmaschine

⑯ Die Erfindung betrifft eine im Viertakt arbeitende Verbrennungskraftmaschine, die zur Erzielung eines Ladungsdralls im Zylinder zusätzlich mit Spülslitzen im Bereich des unteren Totpunktes ausgestattet ist, wobei die zugehörigen Kanäle so ausgelegt sind, daß die Luft tangential und schräg nach oben in den Zylinder strömt. Damit gelingt es, einen Ladungsdrall zu erzielen, der bis in den Auspufftakt wirkt und für vollkommene Vermischung von Verbrennungsluft und Kraftstoff sorgt, so daß praktisch keine Schadstoffe im Abgas ausgetragen werden. Sie erlaubt bei Verwendung eines voll variablen Ventiltriebs die Umschaltung von Vier- auf Zweitakt und zurück.



DE 101 00 054 A 1

DE 101 00 054 A 1

Beschreibung

[0001] Bei Verbrennungskraftmaschinen ist immer wieder versucht worden, die durch das Einströmen der frischen Ladung turbulenten Strömungen im Zylinder entweder zu einem Drall oder zu einem Tumble zu zwingen. Beides ist sowohl bei Zweitakt- wie Viertakt-Verbrennungskraftmaschinen in bestimmten Betriebspunkten nachgewiesen worden, wobei sie bei Zweitaktmotoren ungleich leichter erreichbar sind als beim ventilsteuerten Viertaktmotor. Eine sichere Ladungsrotation bei letzterem um die Hoch- oder die Querachse über den ganzen Betriebsbereich und über die Verbrennung im oberen Totpunkt hinaus scheiterte jedoch häufig an den unzulänglichen Mitteln. Dann überwogen die Auswirkungen der ungeregelten Turbulenzen, die der Rotation entgegen wirken. Insbesondere bei Viertakt-Verbrennungskraftmaschinen mit Einlaß durch ein oder mehrere Ventile war es nicht möglich, eine stabile Rotation der gesamten Ladung zu erzielen.

[0002] Turbulente, chaotische Ladungsbewegung verhindert sowohl eine wirkungsvolle Schichladung als auch die Bildung eines homogenen Gemisches zum Zeitpunkt des Verbrennungsbeginns. Dann gibt es im Brennraum Inseln sehr hoher Verbrennungstemperatur, die zur Bildung von Stickoxid führt als auch Bereiche, in denen der Kraftstoff trotz zu geringer Luftzufuhr zu brennen beginnt und sich Ruß bildet. Beide Erscheinungen sind sowohl beim Ottomotor wie beim Dieselmotor zu beobachten.

[0003] Andererseits gibt es Hinweise aus der Patentliteratur, daß durch eine wirkungsvolle Ladungsrotation der spezifische Verbrauch sinken kann. Eigene Versuche haben bestätigt, daß sich durch Ladungsrotation im rotationssymmetrischen Brennraum eine Ladungsschichtung ausbildet, bei der brennbares Gemisch an der Außenwand des Brennraumes rotiert und nach der Zündung einen brennenden Ring bildet. In einem relativ scharf gegen den brennenden Ring abgegrenzten Kern dagegen fand keine Verbrennung statt. Ein nach einem solchen Verfahren arbeitende Zweitakt-Brennkraftmaschine ließ sich sowohl bis zu extrem niedrigen Drehzahlen mit sicherer Zündung bei jedem Hub betreiben als auch bei steigender Last und Drehzahl mit sehr geringem Gemisch (EP 0 250 497 B1).

[0004] Bestätigt wird diese Erfahrung durch stationäre Brennversuche in einer rotationssymmetrischen Brennkammer unter Prof. Dr. F. Durst und Dr. M. Weclas an der Universität Erlangen. Sie zeigten bei tangentialer Einblasung von Verbrennungsluft und zentraler Einspritzung des Kraftstoffs einen blau brennenden Flammenring am Umfang der Brennkammer. Zwischen dem brennenden Ring und der Brennkammerwand befand sich ein weiterer, dünner, nicht brennender Ring, der offensichtlich von der eingeblasenen Luft gebildet wurde und keinen Kraftstoff enthielt.

[0005] Auch wenn solchen Erscheinungen bisher wenig Aufmerksamkeit gewidmet wurde, weisen sie doch unzweifelhaft darauf hin, daß eine stabile Ladungsrotation um die Zylinderachse die Qualität der Verbrennung wesentlich verbessern kann. Beim Zweitaktmotor läßt sich eine solche Ladungsrotation relativ einfach erzielen (EP 0 250 497 B1 sowie zahlreiche andere Patente), nicht aber beim Viertakter. Zwar wird bei ihm insbesondere für den Betrieb als Diesel der Einlaßkanal als Drallkanal ausgelegt, doch die Wirkung auf die Ladungsrotation ist durch den störenden Einfluß des Einlaßventils unzureichend. Das ist auch der Grund, warum die Einspritzdüsen mit relativ wenigen Düsenlöchern arbeiten müssen, damit sich die sich aus den Kraftstoffstrahlen entwickelnden Flammenwolken nicht gegenseitig behindern, was zu erhöhter Partikelbildung (Ruß) führen würde. Zur Zeit ist die Steigerung des Einspritzdruckes vor Düse

das einzige Mittel zur Verbesserung der Gemischbildung. Eine Vormischung von Kraftstoff und Luft beim Diesel ist wegen der notwendig hohen Einspritzdrücke und der extrem kurzen Einspritzzeit nicht möglich. Ebenso gelang es bisher nicht, etwa Registerdüsen serienmäßig zu fertigen, die bei niedriger Last und Drehzahl mit wenigen kleinen und bei hoher Last und Drehzahl mit mehr und größeren Spritzlöchern arbeiten ("Gummidiüse").

[0006] Beim Ottomotor wird bei der Einführung der direkten Einspritzung ein Tumble angestrebt, der durch die entsprechende Formgebung des Kolbenbodens unterstützt werden soll. Da der Kraftstoff insbesondere im Magerbereich kurz vor der Zündung eingespritzt wird und noch flüssig an die Zündkerze gelangt, bildet sich bei diesen Motoren vermehrt Ruß, was immer auf eine ungenügende Verbrennung hinweist. Der stark profilierte Kolbenboden verschlechtert zudem die Verbrennung bei steigender Last und Drehzahl, so daß diese Motoren in der Regel bei Vollast und hoher Drehzahl einen höheren Verbrauch haben als solche mit ebenem Kolbenboden und Saugrohreinspritzung. Darum ist auch beim direkten eingespritzten Ottomotor die Rückkehr zu ebenem Kolbenboden und rotationssymmetrischem Brennraum anzustreben. Die Voraussetzung dafür ist eine hohe Rotationsgeschwindigkeit der Ladung, um über einen großen Betriebsbereich mit echter Schichladung fahren zu können.

[0007] Zwar hat es nicht an Versuchen gefehlt, ein homogenes Gemisch auf andere Weise, etwa durch Vervielfachung der Zahl der Spritzlöcher zu erreichen, aber diese Versuche ergaben Instabilitäten, weil beim Viertaktmotor nicht genügend Variationsmöglichkeiten vorhanden sind.

[0008] Beim Zweitakt-Ottomotor dagegen ist es möglich, in einem relativ großen Betriebsbereich mit homogenem Gemisch und Kompressionszündung zu fahren, wenn der Auslaßschlitz nahezu vollständig durch einen Schingschieber oder eine einfache Drosselklappe verschlossen wird. Solche Motoren werden von Honda serienmäßig gebaut und haben sich auch unter Extrembedingungen (Wüstenrennen) außerordentlich gut bewährt. Voraussetzung dafür ist die beim Zweitaktmotor mit Kurbelgehäuse-Ansaugung ohnehin vorhandene extrem lange Mischstrecke für Verbrennungsluft und Kraftstoff von der Saugrohreinspritzung (oder Vergaser) über das Kurbelgehäuse bis zur Zündung im oberen Totpunkt, sowie die extrem gute Vermischung von brennbarem Mischgas und im Zylinder verbliebenem Altgas. Die Vermischung von Frisch- und Altgas beginnt bereits im Kurbelgehäuse, wenn verbranntes Gas beim Öffnen der Spülslitze ins Kurbelgehäuse zurück schlägt. Bei Motoren dieser Art ist mischende Turbulenz – auch wenn sie ungeregelt erfolgt – notwendig, um ein einwandfrei homogenes Gemisch herzustellen. Die erhöhte Stickoxidbildung, die durch sehr hohe Brennraumtemperaturen zustande kommt, bedarf sicherlich noch eingehender Untersuchung. Denn durch den nahezu vollständig geschlossenen Auslaßschlitz erfolgt fast keine Wärmeabfuhr mit dem Abgas aus dem Zylinder. Dennoch ist die Verbrennung auch mit Kompressionszündung außerordentlich stabil.

[0009] Da beim Viertakt-Ventilmotor durch die relativ scharf gegeneinander abgegrenzten Arbeitstakte eine derartige Vermischung von Verbrennungsluft und Kraftstoff nicht möglich erscheint und Turbulenzen selbst dann die Verbrennung stören könnten, schlägt die Erfindung vor, bei Viertaktmotoren zusätzlich zu den Ventilen im unteren Totpunkt einen oder mehrere Spülslitze in der Zylinderwand anzurichten, durch die von einer Aufladeeinrichtung zusätzlich Verbrennungsluft in den Zylinder gedrückt wird. Die Kanäle zu den Slitzen in der Zylinderwand blasen die Luft tangential und schräg zum Zylinderkopf gerichtet in den Zylinder.

der, so daß der ganze Zylinderinhalt in Rotation versetzt wird. In der Regel wird es ausreichen, einen einzelnen, relativ schmalen Spülslitz vorzusehen, wenn der Einlaßkanal als Drallkanal ausgebildet ist und die über das Einlaßventil einströmende Luft die Rotation unterstützt.

[0010] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, die durch den Schlitz einströmende Luft durch einen Drehschieber mit verstellbaren Steuerzeiten zu steuern. Der Drehschieber kann mit halber, einfacher oder doppelter Kurbelwellendrehzahl laufen. Bei Mehrzylindermotoren wird der Drehschieber als Rohrschieber vorteilhaft parallel zur Kurbelwelle angeordnet und kann zusätzlich als Ausgleichswelle ausgebildet sein. Es ist auch vorstellbar, anstelle des Drehschiebers Ventile vorzusehen, doch stehen dem die Strömungsverhältnisse entgegen. Im Gegensatz zum Ventil gibt der Drehschieber den ganzen Kanalquerschnitt frei, so daß die eingesetzte Verbrennungsluft ungehindert und gerichtet einströmen kann.

[0011] Mit einem zusätzlichen, steuerbaren Drehschieber ist es möglich, den Motor über das oder die Einlaßventile als Saugmotor zu betreiben und den Spülslitz erst ab etwa dem unteren Totpunkt zu öffnen. Die Gefahr, daß Motoröl von der Zylinderwand mitgerissen wird und in den Brennraum gelangt, ist gering, da den Spülslitz lediglich Luft passiert und kein Kraftstoff-Luftgemisch. Hinzu kommt, daß der zu dem oder den Spülslitzen führende Luftkanal durch die Aufladevorrichtung immer unter Überdruck steht, so daß Schmieröl nicht angesaugt werden kann.

[0012] Da sich der oder die Spülslitze im Niederdruckbereich des Zylinders befinden, bereitet die Abdichtung des Drehschiebers gegenüber dem ihn umfassenden Gehäuse keine Schwierigkeiten, zumal die Temperatur in diesem Bereich des Motors durch den Verbrennungsluftstrom immer erheblich unter der Maximaltemperatur des Schmieröls und des Kühlwassers bleibt. Die Verwendung teurer Werkstoffe ist also nicht notwendig.

[0013] Der Brennraum wird vorteilhaft in bekannter Weise scheibenförmig im Kolbenboden angeordnet, während der Kraftstoff von der zentralen Düse in mehreren Strahlen etwa rechtwinklig zur Zylinderachse eingespritzt wird. Da sich im Zylinder durch die Rotation ein warmer Restgaskern ohne freien Sauerstoff ausbildet, den der eingespritzte Kraftstoff passieren muß, wird dabei bereits ein Teil des Kraftstoffs verdampft. Um die Verdampfung zu verbessern, kann die Düse ringförmig von einem Porenkörper umgeben werden, der zusätzlich zweckmäßig katalytisch beschichtet wird. Der ringförmige Porenkörper kann sowohl im Zylinderkopf befestigt werden als auch auf dem Kolbenboden in der Mitte des Brennraumes.

[0014] Die starke Rotation der Zylinderladung sorgt sowohl bei Otto- wie Dieselmotor für eine drastisch verbesserte Gemischbildung, die auf andere Weise nicht zu erreichen ist. Beim Ottomotor wird die Zündkerze vorteilhaft dort am Rand des brennbaren Gemischringes eingebaut, wo eine Zündung am leichtesten erreichbar ist. Dabei kann es für hohe Rotation ratsam sein, die Zündkerze in einer Wurzeltasche münden zu lassen sowie zwei Zündkerzen an gegenüberliegenden Stellen des Brennraumes vorzusehen. Beim Diesel sind solche Maßnahmen nicht notwendig. Da auch bei ihm die Kraftstoffstrahlen zunächst den heißen Restgaskern passieren, der praktisch keinen Sauerstoff enthält, beginnt der Kraftstoff erst dann zu brennen, wenn sich die Strahlen bereits aufgefächert haben und von der rotierenden Ladung mitgerissen wurden. Durch die große Wurzelweite bei den sehr hohen heutigen Einspritzdrücken dringen noch nicht verdampfte Kraftstofftröpfen in den sauerstoffreichen Ring der Ladung ein und verbrennen hier ohne Partikelbildung. Die hohe Ladungsrotation verhindert jedoch

auch außerordentlich wirksam die Bildung der gefürchteten Hochtemperaturnester und damit die Entstehung von Stickoxid.

[0015] Während bei Leerlauf und niedriger Teillast nur ein dünner, brennbarer Ring im Brennraum rotiert, nimmt seine Stärke mit steigender Last und Drehzahl zu. Welcher Restgasanteil die günstigsten Bedingungen für schadstoffreiche Abgase bietet, muß durch Versuch ermittelt werden. Der oder die Spülslitze bieten aber auch die Möglichkeit, den Zylinder so mit Frischluft zu spülen, daß praktisch kein Restgas darin verbleibt. Dem praktischen Versuch bleibt es vorbehalten, hier die beste Lösung zu finden. Wichtig ist allein, daß die Verwendung von die Ladungsrotation erzeugenden Spülslitzen im Zylinder in Kombination mit einem steuernden Drehschieber dem Konstrukteur zusätzliche Freiheitsgrade bietet, um die Verbrennung zu optimieren mit dem Ziel, Abgase ohne Schadstoffe sowie minimalen Kraftstoffverbrauch zu erreichen.

[0016] Auch beim Viertakt-Verbrennungsmotor ist Ladungsrotation der einzige Weg zur Schichtladung über einen großen Betriebsbereich, wobei nicht mit übersetzten Regionen gerechnet werden muß. Bei zentraler Anordnung der Einspritzdüse findet sowohl beim Otto- wie beim Dieselmotor eine so optimale Vermischung von Kraftstoff und Verbrennungsluft direkt im Zylinder statt, wie sie sonst nicht erreicht werden kann. Um Ladungsrotation bereits im Leerlauf zu erhalten ist es sinnvoll, die Aufladefunktion entweder durch einen rein elektrischen Lader vorzunehmen, einen Abgasturbolader durch einen elektrischen Lader zu ergänzen oder einen elektrisch angetriebenen Abgasturbolader (EL-ATL) zu verwenden.

[0017] Die erfindungsgemäße Ausgestaltung eines Verbrennungsmotors eröffnet ganz ungewöhnliche Möglichkeiten. So wäre es denkbar, über einen variablen Ventiltrieb in bestimmten Betriebsbereichen das Einlaßventil ganz zu schließen und die Luftversorgung nur über den oder die Spülslitze vorzunehmen. Ebenso wäre es aber auch möglich, den Motor bei Leerlauf und niedriger Teillast im Zweitakt laufen zu lassen und bei zunehmender Last und Drehzahl im Viertakt. Dazu müßten Nockenwelle(n) und Drehschieber lediglich von halber auf volle Kurbelwellendrehzahl umgesteuert werden. Mit elektronischen Positionsgebern und kurzzeitiger Nullstellung der Ventilhübe über wenige Kurbelwellenumdrehungen wäre das sogar während des Betriebes möglich. Bei Verwendung elektromagnetischer, hydraulischer oder pneumatischer und so weiter Ventilbetätigung ohne Nockenwellen vereinfacht sich die Umschaltung noch mehr, so daß es selbst unter Last nahezu keine Zugkraftunterbrechung gibt. Der Übergang von Vier- auf Zweitakt könnte aber auch bei sehr hoher Leistungsanforderung erfolgen, etwa als kick-down-Effekt.

[0018] Die Umschaltung von Viertakt auf Zweitakt kann besonders bei Motoren mit niedriger Zylinderzahl (zwei und drei) sinnvoll sein und bei Motoren mit Zylinderabschaltung, wobei bereits beim Dreizylinder ein Zylinder abgeschaltet werden könnte, beim Vierzylinder zwei und so weiter. Damit läßt sich durch Abschaltung eines oder mehrerer Zylinder nicht nur deren Kraftstoffbedarf sparen, auch die Betriebspunkte der arbeitenden Zylinder werden in einen verbrauchsgünstigeren Bereich des Kennfeldes verlegt. Durch die Umschaltung von Vier- auf Zweitakt läuft ein Motor mit abgeschalteten Zylindern auch bei niedrigsten Drehzahlen mindestens so rund wie der Motor ohne abgeschaltete Zylinder. Zudem erlaubt es der Übergang zum Zweitakt, mehr Zylinder abzuschalten, als es beim reinen Viertaktbetrieb möglich wäre.

Auflistung der verwendeten Bezugszeichen

1 Zylinder	
2 Kolben	
3 Ventile	5
4 Einspritzdüse	
5 Brennraummulde	
6 Spülslitz.	
7 Spülkanal	
8 Drehschieber	10
9 rotierende Verbrennungsluft	

Patentansprüche

1. Nach dem Viertaktverfahren arbeitende Verbrennungskraftmaschine, bei der der Gaswechsel in bekannter Weise über Ventile (3) erfolgt und die sowohl nach dem Otto- oder dem Dieselverfahren arbeiten kann sowie mit direkter oder indirekter Kraftstoffeinspritzung, dadurch gekennzeichnet, daß im unteren 15 Tropunkt des Zylinders (1) ein oder mehrere zusätzliche Spülslitze (6) angeordnet sind und ein oder mehrere zu ihnen führende Spülkanäle (7), die tangential im Zylinder münden und schräg nach oben zum Zylinderkopf gerichtet sind, so daß die durch sie einströmende Frischluft einen starken Drall (9) der ganzen Zylinderladung anregt.
2. Verbrennungskraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die zusätzlichen Spülkanäle (7) durch einen Drehschieber (8) geöffnet 30 und geschlossen werden, dessen Steuerzeiten sich verstetigen lassen.
3. Verbrennungskraftmaschine nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Aufladeeinrichtung die Verbrennungsluft in die zusätzlichen Spülkanäle (7) bläst, während die Einlaßventile weitere Verbrennungsluft aus der Atmosphäre ansaugen, so daß die über den oder die Spülslitze einströmende Luft immer unter Überdruck steht.
4. Verbrennungskraftmaschine nach den Ansprüchen 40 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß sie sowohl im Viertakt wie im Zweitakt arbeiten kann.
5. Verbrennungskraftmaschine nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennraum in an sich bekannter Weise als flache Mulde (5) im Kolbenboden des Kolbens (2) angeordnet ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

